

Studies on Seismogram Synthesis and Seismic
Wave Velocity. Distributions-Analyses of the
Oil Fields of the Northeast of Japan.- (**地震記
録の合成並びに地震波速度分布に関する研究-東北
油田地帯における解析-**)

著者	鍋谷 祐夫
号	91
発行年	1965
URL	http://hdl.handle.net/10097/23225

氏 名・(本籍)	鍋 谷 祐 美
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 9 1 号
学位授与年月日	昭和40年10月20日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最 終 学 歴	昭和31年3月 東北大学理学部卒業
学位論文題目	Studies on Seismogram Synthesis and Seismic Wave Velocity Distributions —Analyses of the Oil Fields of the Northeast of Japan— (地震記録の合成並びに地震波速度分布 に関する研究 —東北油田地帯における解析—
論文審査委員	(主査) 教授 加 藤 愛 雄 教授 山 本 義 一 教授 鈴 木 次 郎 助教授 高 木 章 雄

論 次 目 次

- I 緒 言
- II 反射地震記録の合成
 - (A) 合成過程
 - (B) 合成装置
 - (C) 合成地震記録
 - (D) 地震探鉱への応用
- III 反射地震記録から地震波速度の推定
 - (A) いくつかの油田における地震波速度の分布
 - (B) 地震波速度の推定
 - (C) 余目油田への応用
- IV 結 論

論 文 内 容 要 旨

この論文は、地下の地震波速度分布の既知資料から地震探鉦反射波記録を合成する事、および、既にある地震探鉦反射波記録から地下の地震波速度分布を推定する事に関するものである。それらの方法の理論と実験、ならびに実際の地下構造探査への応用例について記述する。

主として、石油、ガス坑井において実施される OVL (連積速度検層、又はソニックロギング) は、地層の弾性波速度を地下数キロメートルまで連続的に測定する方法で、本来の目的は油層工学的なものである。Peterson, Fillippone, Coker (1955) は、この検層記録を使つて、地表の火薬震源による地震波の地下構造群よりの反射波形を連続的に合成する方法を発表した。それ以後、最近に至るまで超大型デジタル計算機を使用した合成が実施されるまでに至つたが、要求される要素は精度ではなく大容量の処理であるから、アナログ計算方式によつても充分達成し得るものである。

したがつて筆者は、Peterson等の方式に、地震波伝播の時間函数を厳密にしたアナログ式地震記録合成装置を製作して実験を行ない、又実際の地震探鉦地域でその応用を試みた。すなわち、装置により得られた合成地震記録と地震探鉦記録とを相関させることによつて、地震探鉦のみからは決定しがたい地下構造 (地質) の推定を行なつた。又、従来の地震探鉦解析法は走時解析であつたのに対して波形による解析法および反射地震記録の解析法に対して地質学上の知識を導入して、地震探鉦及び地質の相関を論じ実験を行なつた。

又、筆者は上述の過程と逆の過程を計算する事によつて、既存の地震探鉦反射記録から当該深度に至るまでの地下の地震波速度の分布を連続的に推定する方法を論じた。そのために、各油田等における実際の速度分布を統計的に研究し、それを基礎資料とし、しかるのちに、実際の地震反射記録より速度分布を計算し、もし、その記録の信号対雑音比が大きいものであれば相当信頼し得る速度分布が連続的に求められる事を実例について示した。

1 反射地震記録の合成

OVLから反射地震記録を合成する理論は Sengbush 等 (1961) によつて体系づけられている。したがつてこの理論に基づいて合成装置を製作した。装置は大別して2つの過程から成つている。第1はOVLの深度に関する速度値 (地層区間弾性波伝播時間) を追跡し、それを電気信号に変換し、対数計算し、微分し、振巾変調して磁気テープレコーダーに記録する。即ち、地層の速度変化分を地層密度が対数速度に比例すると仮定する事によつて反射函数に変換される過程である。

第2は磁気テープレコーダーからの出力を地震波模擬回路に入れて伝播地震反射波の形に直し、受震器模擬回路に送つて反射波が地表の変換器によつて捕捉された状態とした後、地震探鉦装置および濾波器を通してオツシログラフにより記録させる過程である。この2つの過程を経て反射地震記録が合成された。第1の過程においてはOVLをサーボ追跡する事により実際の地下速度層を弾性波が伝播する過程を模擬し、第2の過程においては、反射函数入力が地震波形と見なせる様な回路を Berryman 等の Gram-Charlier 型頻度分布曲線に基づく地震反射波スペクトルによるベルス応答波形を模擬し又、受震器の各種特性および地震探鉦装置の多数の濾波器も含めて実験を行なつた。

得られた合成記録は充分満足すべきものであり、OVLを実施した坑井近傍の地震探鉦反射記録との相関は良好であつた。したがつて、この合成記録の反射波形から近傍の地震探鉦反射記録の相似波形を追跡し得、その波形の変化の原因等を論じた。合成記録には深度目盛がつけられているので地震探鉦記録の各反射波形毎に地質との相関が可能となり、それら多くの実例をあげた。これに関して、特に tuning (Sengbush, 1961) の重要性を論じたが、波形の相変化にそれが大きな役割をなしている例もあげ、又その周期性を模型実験波形により論じた。これによれば、数々の地域の地

下構造上、今まで地震探鉱技術で、等閑視されていた濾波器設定の基準が示され、それは地層の同調を強調すると同時に雑音波の抑制に有効である事を実証した。

又、多重反射の影響およびその周期的分離の概念を示し、それを事例について論じた。要求する地層の情報と雑音との分離を雑音の性質及び地層のtuningの立場から論じ、合成地震記録が地震探鉱上有用である点を示した。

実際の応用例として東北裏日本の見附、余目、申川の三大油田を対称とし、その油田において得た地震反射記録と、それらの油井で実施されたCVLからの合成記録を対比させ、油層又は速度層の発達状況を論じ、それについて合成地震記録が有効なる事を結論した。

2 地震波速度分布の推定

合成地震記録は坑井のCVLにより得られるものであるから、坑井の存在しない未開発地域での地震探鉱への利用には制限がある。かゝる地域での探査においては、地震探鉱反射波記録から地質を推定する事が出来れば極めて有用であるが、それは前章の合成過程を逆にたどる事によつて出来る。

それを極性相関又は極性コンボリユーションと名づけたデコンボリユーションによつて計算する方法を提示した。こゝでは第一に新潟県・山形県・秋田県・関東の一部の22地域40坑井の坑井速度測定資料を使用して新第三系地層の地震波速度を論じ、泥岩——シルト岩相速度を標準とする地下の地震波速度基準成分なる概念につき論じた。即ち、かゝる新しい地質においては地質の時間の影響よりも圧密のそれが速度に対して支配的であり、又、地層の速度は泥——シルト相の速度増加函数がその平均的な値を有するものである事を、実際の資料に基づいて論じた。

したがつて、第二に、地震探鉱反射波記録を極性コンボリユーションする事により得られる合成速度分布曲線は、その地下の泥——シルト基準分布線に対数重畳する事により地下速度分布を表わすという結論で、それに関して余目油田を例にとり実験を行なつた結果、その計算方法が有用である事が示された。

計算過程は、地震反射波記録はある周波数スペクトルを持つが、低周波および高周波領域の情報は極めて乏しい。それは地震探鉱器の濾波器を通される事による事は勿論であるが、反射波自体がそれに近いスペクトルしか持たない事が前章において論示されている。一方、地下速度分布曲線は相当広い周波数領域を有し、特に低周波成分は重要である。したがつて、地震反射波記録をもとの成分スペクトルを持つ様に、インバースフィルターを通してやればよい。そのために、Blackman およびTukey (1958) のいわゆる hanning window 又は、triangular window を使用し、その window を整流（極性化）した地震反射波に相関させるか、又は、polarized window と名づける波形と整流しない地震反射波とのコンボリユーションを計算すればよい。相互相関ラグは卓越周期の2分の1程度に discrete にとつた場合、計算は簡単で、しかも速度分布合成曲線の性質にクリティカルである。この様にして求められた地震波反射函数を当該時間まで積分する事により対数速度分布曲線が求められる。この積分定数および、精度向上の目的のために、先に求められた泥岩——シルト岩相速度を使用する。計算過程は対数的であるので両者を重畳させればよい。

余目油田での実施例においては、油層および玄武岩等の顕著な速度的特徴が表現され、その層の深度、位置、厚さ等の変化について、地質資料等より推定されている当該油田プロファイルと良好な相関を与えた。

なお研究中であるが、これは地震探鉱にのみ役立つものではなく、地震学上の問題にも応用できるものと考えられる。

論文審査要旨

鍋谷祐夫の論文は物理探査に於ける弾性波探査の反射波を利用する探査に於て従来行なわれて居る走時解析に対して、弾性波速度の連続測定(CVL)の結果を利用し、それを用いて期待される地震記録を合成し、実際の記録と比較し、実際記録上の反射波の波形の確認を行なつて探査の目的を達せしむると言う新しい解析の方法を導入し、実際の油田についてその応用を試みたものである。

従来行なわれて居る実際の地震探査の場合の記録に於て反射波を確認しようとする場合、必然的にこれと同時に入る屈折波、表面波或は二次的振動源による波等が所謂雑音として入つて来るので、反射波を確認する場合可成り判定に苦しみ場合がある。

こゝで著者は最近急速に発達した連続速度検層(Continuous Velocity Logging ; CVL)の記録があるのでそれを利用し、これをもとにして地上で観測される地震波を合成する装置を考案しこれを試作した。即ちCVLの記録を用い、地層の速度変化分を地層密度が速度の n 乗に比例すると仮定することによつて電氣的に反射函数に変換することが出来る。次いで震源での波形 $f(t)$ 及び伝播途中での濾波 $pt(w)$ について最も適当な仮定を入れれば地震波を合成することが出来る。

著者は上記の得られた反射函数に等価な出力を、この仮定を電氣的に置きかえた所謂地震波模擬回路を通じ、更に実際探査で行なわれて居ると同様の濾波器と増巾器を通して記録させ地震波を合成した。

これ等の装置は著者自ら考案し試作したものである。著者は東北油田地帯における二、三の実例についてこの方法を行なつた。即ち見附、余目、申川の三大油田で応用した。

これ等の地帯の一部ではそれぞれCVLの記録があるのでこれを用い、上記の方法で期待される反射波を合成し、一方この附近で行なわれた実際の地震探査記録と対比させて、その記録上の反射波の確認を行なつて、地層の対比及び速度層の発達状況を論じ、この合成地震記録が有効である事を結論した。

著者はこの論文の後編で今度はCVLの行なわれていない地帯での実際の地震探査記録から逆に前編で行なつた方法を逆に用いて地層の速度の分布を推定する事を行なつた。即ち実際の地震探査記録はその記録途中で濾波器を用いていること及び伝播途中の濾波的性質により、ある周波数スペクトルを持つが、低周波及び高周波領域の情報は極めてとぼしい。

一方地下の速度分布曲線は相当広い周波数領域を有し、特に低周波成分が重要である。従つて地震反射記録をもとの成分スペクトルを持つ様にインバースフィルターを通してやればよい。斯くして合成された地震波反射函数を当該時間まで積分すれば速度分布曲線が求められる。これにこの地方の一般的速度分布を重ねれば、実際の速度分布が求められる。

著者はこの様にして、余目地帯でその応用を試みて油層及び玄武岩の速度層を表現し、その層の深さ、位置、厚さ等を出した。

以上、著者はCVL記録から地震波を合成すると言う新しい方法を考案し、実際の地震探査の精度の向上に有効な事を見出した事及び逆に地震探査記録から地下の速度の連続分布を求める事を考案し、何れも物理探査学の発展に寄与することが多大である。

論文審査に当つては、審査員全員及びこの方面の研究に興味を有する研究者の前で講演せしめ、その内容について質疑応答せしめた結果、鍋谷祐夫提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認めた。